

## **Simulasi Entropi Shannon, Entropi Renyi, dan informasi pada kasus *Spin Wheel***

<sup>1</sup>Ali Khumaidi, <sup>2</sup>Ridwan Raafi'udin, <sup>3</sup>Indra Permana Solihin

<sup>1</sup> Program Studi Informatika, Universitas Krisnadwipayana, Jakarta

<sup>2,3</sup> Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta

Email: alikhumaidi@unkris.ac.id

### **Abstrak**

*Entropi adalah besaran yang mengukur ketidakpastian variabel acak, dan ini adalah besaran yang merupakan kunci dalam konsep teori informasi. Entropi adalah ukuran ketidakpastian. Konsep entropi dimulai dengan terminologi yang disebut konten informasi. Shannon Entropy sering dinyatakan sebagai asal mula ukuran informasi yang digunakan dalam beberapa aplikasi. Pada penelitian ini menggunakan balanced dan unbalanced spin wheel dengan nilai  $q = 1,000001$  diperoleh entropi Shannon, Renyi dan informasi pada balanced spin wheels masing-masing 2.079442, 2.079442, 2.079439 dan pada unbalanced spin wheels masing-masing juga 1.936798, 1.936798, 1.936796 jadi nilainya dari entropi dan informasi akan cenderung shanon entropi ketika  $q \rightarrow 1$ . Sehingga model percobaan ini dapat menjadi bahan acuan keperluan optimasi pada proses pembelajaran sistem cerdas berikutnya.*

**Kata kunci:** Entropi; Shannon; Renyi; Information; Spin Wheel

### **Abstract**

*Entropy is a quantity that measures the uncertainty of a random variable, and this is a quantity that is key in the concept of information theory. Entropy is a measure of unpredictability. The concept of entropy begins with a terminology called information content. Shannon Entropy is often stated as the origin of the information size used in several applications. In this study using a balanced and unbalanced spin wheel with a value of  $q = 1.000001$  obtained by Shannon, Renyi entropy and information on balanced spin wheels respectively 2.079442, 2.079442, 2.079439 and on unbalanced spin wheels respectively also 1.936798, 1.936798, 1.936796 so the value of the entropy and information will tend to shanon entropy when  $q \rightarrow 1$ . This experimental model can be used as a reference for optimization purposes in the next smart system learning process.*

**Keywords:** Entropy; Shannon; Renyi; Information; Spin Wheel

## **A. Pendahuluan**

Dalam teori informasi, entropi adalah besaran yang mengukur ketidakpastian variabel acak, dan ini adalah besaran yang merupakan kunci dalam konsep teori informasi. Entropi adalah ukuran ketidakpastian (Namdari dan Steven, 2019). Konsep entropi dimulai dengan terminologi yang disebut konten informasi (Popovic, 2014). Pertumbuhan telekomunikasi di awal abad ke-20 membuat beberapa peneliti mempelajari informasi dari sinyal (Hartley, 1928). Oleh Shannon, kemudian menjadi teori komunikasi secara terstruktur yang koheren dan memulai bidang penelitian yang sekarang dikenal sebagai teori informasi (Shannon, 1948). Shannon

menyatakan bahwa ukuran banyaknya informasi  $H(p)$  yang terdapat pada rangkaian peluang  $p_1 \dots p_N$  harus memenuhi tiga syarat yaitu (1)  $H$  merupakan fungsi kontinu pada  $p_i$ , (2) Jika peluang untuk  $p_i$  sama, maka  $p_i = 1/N$ , maka  $H$  harus menjadi fungsi Monoton Naik dari  $N$ , dan (3)  $H$  bisa menjadi fungsi aditif (Shannon, 1948). Shannon membuktikan bahwa fungsi  $H(p)$  pada persamaan (1) memenuhi ketiga kondisi di atas, di mana  $K$  adalah konstanta positif. Fungsi ini kemudian dikenal sebagai entropi Shannon.

$$H(P) = - \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i \quad (1)$$

Entropi Shannon sering dinyatakan sebagai asal mula ukuran informasi yang digunakan dalam beberapa aplikasi termasuk coregistration citra medis multi-modalitas. Perluasan karya asli Shannon telah menghasilkan banyak langkah alternatif informasi atau entropi. Misalnya, entropi Renyi  $H_q(P)$  diperoleh dengan menghilangkan sayatan ketiga dari Shannon (Renyi, 1961). Entropi Renyi dirumuskan dalam persamaan (2).

$$H_q(P) = \frac{1}{1-q} \ln \sum_{i=1}^N p_i^q \quad (2)$$

Di mana, nilai entropi renyi akan cenderung entropi shannon ketika  $q \rightarrow 1$ . Kendall mendefinisikan kandungan informasi  $I_q(P)$  dari distribusi probabilitas pada kasus diskrit (Kendall dan Stuart, 1973), dinyatakan dalam persamaan (3).

$$I_q(P) = \frac{1}{q-1} \ln \sum_{i=1}^N \frac{p_i^q}{q-1} \quad (3)$$

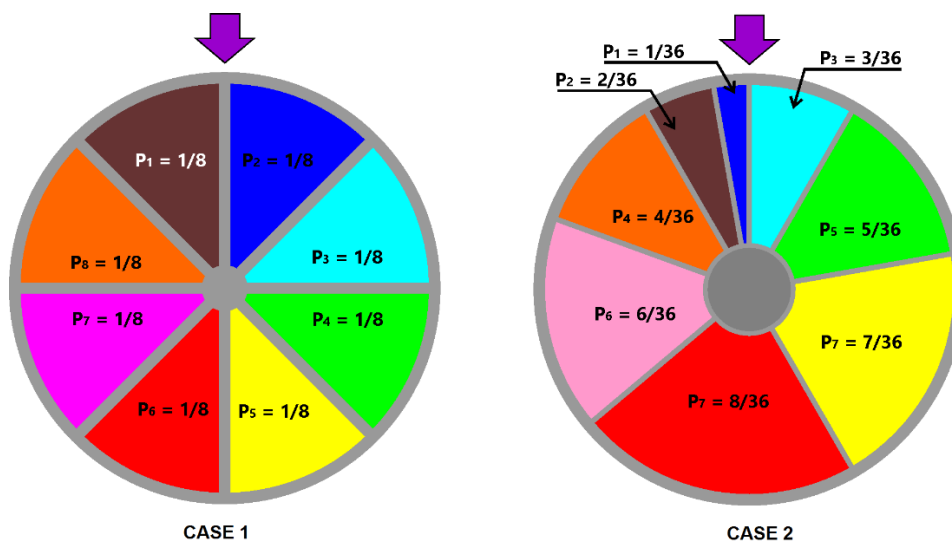
Entropi Renyi  $H_q(P)$  dan informasi  $I_q(P)$  akan cenderung ke entropi Shannon. Entropi Renyi juga termasuk fungsi monoton. Hubungan monoton menyiratkan bahwa entropi dan informasi dapat digunakan secara bergantian dalam aplikasi praktis. Konsep entropi Shannon dapat digunakan untuk memperoleh ukuran informasi timbal balik yang umum digunakan dalam informasi medis multi-modalitas, koregistrasi teori-modalitas, menghitung informasi kandungan sinyal yang terdiri dari simbol alfabet independen terpisah. Selain itu, entropi Shannon identik dengan fungsi kemungkinan (Bromiley, Thacker dan Bouhova, 2004).

Penelitian tentang pengintegrasian model entropi Shannon dengan penginderaan jauh dan GIS untuk menganalisis pola rambat perkotaan di Bodetabek menunjukkan bahwa pola rambat linier lebih dominan di Kabupaten Bogor, Bekasi dan Kota Bogor. Studi tersebut menyimpulkan bahwa peningkatan indeks entropi Shannon menunjukkan kecenderungan penyebaran perkotaan yang semakin acak (Prastyo, 2017). Riset entropi

Renyi terkait dengan klasifikasi tiga jenis sinyal EKG. Nilai entropi dihitung dengan urutan  $q = 2-100$  sebagai fitur dari setiap data dan ditambahkan ke entropi sinyal Shannon. Sebagai pengklasifikasi digunakan dukungan mesin vektor dengan beberapa variasi (Estanto, 2018). Penelitian untuk mengevaluasi kompleksitas perilaku menggunakan entropi informasi dengan membuat distribusi probabilitas empiris yang berfungsi langsung dari kumpulan data, selain itu entropi informasi digunakan untuk mengevaluasi kompleksitas temporal dan spasial dari proses aliran yang disimulasikan dengan infiltrasi ke media berpori yang heterogen (Mays, Faybishenko, dan Finsterle, 2002). Berdasarkan hasil penelitian terkait penerapan entropi Shannon, entropi Renyi dan informasi, penelitian ini akan mensimulasikan hubungan antara entropi Shannon, entropi Renyi, dan informasi pada kasus *spin wheel*.

## B. Metode Penelitian

Untuk memperkuat bukti hubungan antara entropi Shannon, Renyi, dan informasi dilakukan simulasi pada kasus *spin wheel*. Simulasi ini diujikan pada 2 jenis *spin wheel* yaitu jenis seimbang dan jenis tidak seimbang.



Gambar 1. *Spin Wheel* Seimbang dan Tidak Seimbang

Studi kasus 1 *spin wheel* seimbang, di mana 1 bidang lingkaran dibagi menjadi 8 bagian yang sama besar yaitu 18 bagian atau  $45^\circ$ . Sehingga setiap bidang memiliki probabilitas yang sama yaitu 0,125.

Studi kasus 2 *spin wheel* tidak seimbang, dimana 1 area lingkaran dibagi menjadi 8 bagian dengan lebar yang berbeda. Adapun pembagiannya sebagai berikut:

1. Bidang 1 adalah  $1/36$  bagian atau  $10^\circ$  dengan probabilitas 0,02777
2. Bidang 2 adalah  $2/36$  bagian atau  $20^\circ$  dengan probabilitas 0,055555556
3. Bidang 3 adalah  $3/36$  bagian atau  $30^\circ$  dengan probabilitas 0,083333333
4. Bidang 4 adalah  $4/36$  bagian atau  $40^\circ$  dengan probabilitas 0,111111111
5. Bidang 5 adalah  $5/36$  bagian atau  $50^\circ$  dengan probabilitas 0,138888889
6. Bidang 6  $6/36$  bagian atau  $60^\circ$  dengan probabilitas 0,166666667
7. Bidang 7 adalah  $7/36$  bagian atau  $70^\circ$  dengan probabilitas 0,194444444
8. Field 7 adalah  $8/36$  bagian atau  $80^\circ$  dengan probabilitas 0,222222222

Dan nilai  $q$  yang digunakan untuk pengujian adalah  $q = 3$ ,  $q = 2$ ,  $q = 1,5$ ,  $q = 1,000001$ , dan  $q = 0,5$ . Perhitungan Shannon, Renyi dan entropi informasi menggunakan persamaan (1), (2), dan (3).

### C. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan simulasi entropi Shannon, entropi Renyi, dan informasi diterapkan pada studi kasus spin wheel dimana terdapat 2 jenis *spin wheel* yaitu *spin wheel* seimbang dan *spin wheel* tidak seimbang sebagai berikut:

#### 1. Perhitungan pada *spin wheel* seimbang

Studi kasus 1 *spin wheel* seimbang, dimana 1 bidang lingkaran dibagi menjadi 8 bagian yang sama besar yaitu 18 bagian atau  $45^\circ$ . Sehingga setiap *field* memiliki probabilitas yang sama yaitu 0,125, seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Peluang dalam Studi Kasus *Spin Wheel* Seimbang

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
=	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8
=	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125

Gambar 2, 3, dan 4 merupakan simulasi perhitungan entropi dengan nilai  $q = 3$  pada *spin wheel* seimbang.

Shannon	$H(P) = -K \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$	
		$0,25993 + 0,25993 + 0,25993 + 0,25993 + 0,25993 + 0,25993 + 0,25993 + 0,25993 = 2,079442$

Gambar 2. Simulasi Perhitungan Entropi Shanon pada *Spin wheel* Seimbang

Renyi	$H_q(P) = \frac{1}{1-q} \ln \sum_{i=1}^N p_i^q$	
		$q = 3$
		$\sum_{i=1}^N p_i^q = 0,00195 + 0,00195 + 0,00195 + 0,00195 + 0,00195 + 0,00195 + 0,00195 + 0,00195 = 0,015625$
		$\frac{1}{1-q} \ln \sum_{i=1}^N p_i^q = 2,079442$

Gambar 3. Simulasi Perhitungan Entropi Renyi pada *Spin wheel* Seimbang

Information	$I_q(P) = \frac{1}{q-1} - \sum_{i=1}^N \frac{p_i^q}{q-1}$	
		$\sum_{i=1}^N \frac{p_i^q}{q-1} = 0,00098 + 0,00098 + 0,00098 + 0,00098 + 0,00098 + 0,00098 + 0,00098 + 0,00098 = 0,007813$
		$\frac{1}{q-1} - \sum_{i=1}^N \frac{p_i^q}{q-1} = 0,492188$

Gambar 4. Simulasi Perhitungan Informasi pada *Spin Wheel* Seimbang

Terlihat dalam gambar 2, 3, dan 4 diperoleh entropi dengan nilai  $q = 3$  yaitu Shannon = 2.079442, Renyi = 2.079442 dan informasi = 0.492188

## 2. Perhitungan pada *Spin Wheel* tidak Seimbang

Studi kasus 2 *spin wheel* tidak seimbang, di mana 1 area lingkaran dibagi menjadi 8 bagian dengan tampilan lebar berbeda, ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Peluang dalam Studi Kasus *Spin Wheel* Tidak Seimbang

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
=	1/36	2/36	3/36	4/36	5/36	6/36	7/36	8/36
=	0,02778	0,05556	0,08333	0,11111	0,13889	0,16667	0,19444	0,22222

Gambar 5 merupakan simulasi perhitungan entropi dengan nilai  $q = 3$  pada *spin wheel* tidak seimbang.

Dari gambar 5, diperoleh hasil perhitungan simulasi entropi dengan nilai  $q = 3$ . Untuk hasil perhitungan simulasi entropi Shannon didapatkan nilai sebesar 1.936798, untuk entropi Renyi didapatkan hasil

perhitungan simulasi sebesar 1.791759, dan untuk hasil Informasi didapatkan 0.486111.

Shannon $H(P) = -K \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$	
$0,09954 + 0,16058 + 0,20708 + 0,24414 + 0,27418 + 0,29863 + 0,31842 + 0,33424 = 1,936798$	
Renyi $H_q(P) = \frac{1}{1-q} \ln \sum_{i=1}^N p_i^q$	
$\sum_{i=1}^N p_i^q \quad \underline{q=3}$ $2,1E-05 + 0,00017 + 0,00058 + 0,00137 + 0,00268 + 0,00463 + 0,00735 + 0,01097 = 0,027778$ $\frac{1}{1-q} \ln \sum_{i=1}^N p_i^q = 1,791759$	
Information $I_q(P) = \frac{1}{q-1} - \sum_{i=1}^N \frac{p_i^q}{q-1}$	
$\sum_{i=1}^N \frac{p_i^q}{q-1} \quad 1,1E-05 + 8,6E-05 + 0,00029 + 0,00069 + 0,00134 + 0,00231 + 0,00368 + 0,00549 = 0,013889$ $\frac{1}{q-1} - \sum_{i=1}^N \frac{p_i^q}{q-1} \quad 0,486111$	

Gambar 5. Simulasi Perhitungan Entropi pada *Spin wheel* Tak Seimbang

### 3. Hubungan antar Entropi

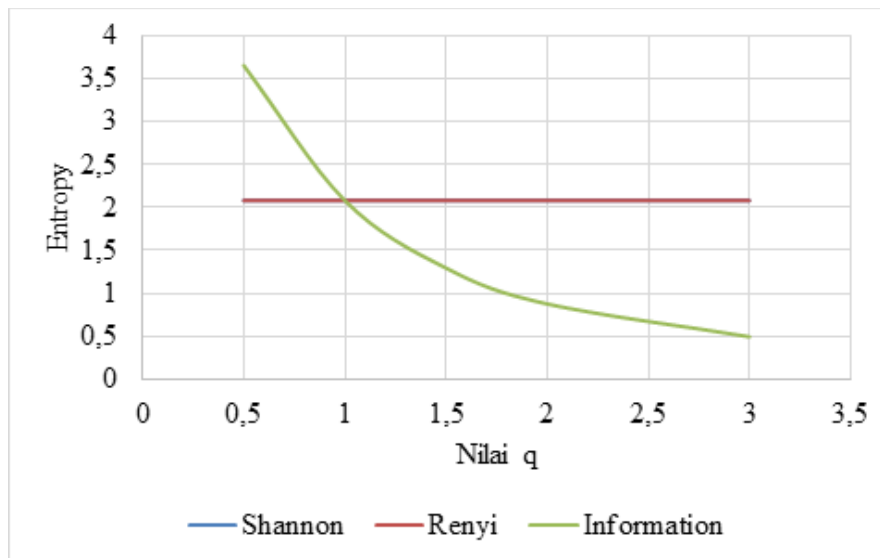
Untuk melihat hubungan antar entropi dilakukan simulasi dengan berbagai nilai q sehingga diperoleh nilai entropi pada tabel 3 dan tabel 4. Hubungan antar entropi juga dapat di lihat dalam gambar 8.

Tabel 3. Hasil Simulasi Nilai q pada Entropi pada *Spin Wheel* Seimbang

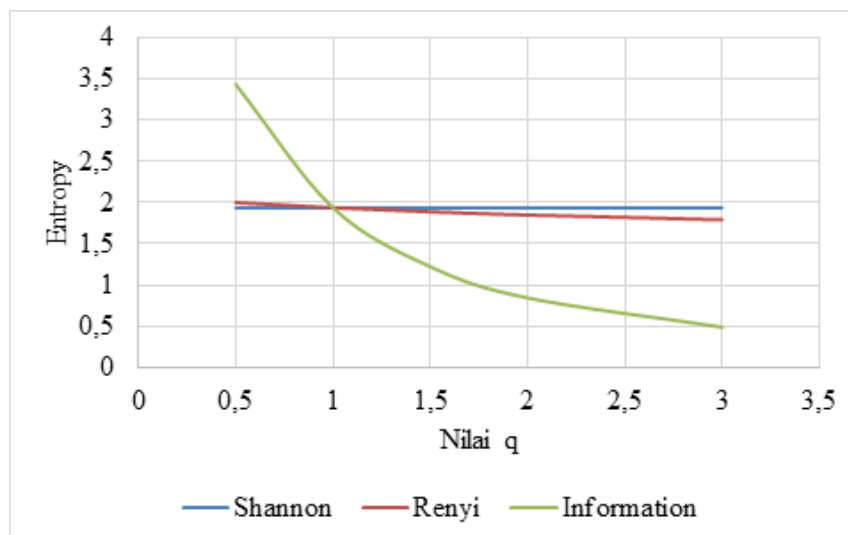
Value q	3	2	1.5	1.000001	0.5
Shannon	2,079442	2,079442	2,079442	2,079442	2,079442
Renyi	2,079442	2,079442	2,079442	2,079442	2,079442
Informasi	0,492188	0,875	1,292893	2,079439	3,656854

Tabel 4. Hasil Simulasi Nilai q pada Entropi pada *Spin Wheel* Tidak Seimbang

Value q	3	2	1.5	1.000001	0.5
Shannon	1,936798	1,936798	1,936798	1,936798	1,936798
Renyi	1,791759	1,848918	1,887744	1,936798	1,999547
Information	0,486111	0,842593	1,221764	1,936796	3,435334



Gambar 6. Hasil Plot pada *Spin Wheel* Seimbang



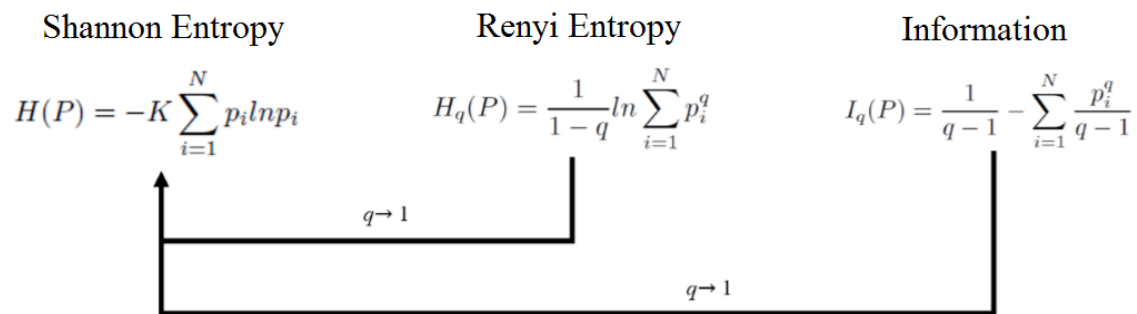
Gambar 7. Hasil Plot pada *Spin Wheel* Tidak Seimbang

Dari hasil simulasi perubahan nilai  $q$  pada spin wheel seimbang dan spin wheel tidak seimbang yang dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7, maka ketiga entropi tersebut memiliki hasil yang sama ketika nilai  $q$  mendekati 1, simulasi diberikan pada nilai  $q = 1,000001$ , nilai entropi diperoleh pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Entropi dengan Nilai  $q = 1,000001$  ( $q \rightarrow 1$ )

Entropi	Balanced Spin Wheel	Unbalanced Spin Wheel
Shannon	2,079442	1,936798
Renyi	2,079442	1,936798
Information	2,079439	1,936796





Gambar 8. Hubungan Entropi Shannon dan Renyi serta Informasi

#### D. Simpulan

Pengujian sederhana dengan simulasi spin wheel dengan nilai  $q$  mendekati 1 maka entropi Renyi dan informasinya akan cenderung ke entropi Shannon, seperti terlihat pada gambar 8. Hubungan monoton menyatakan bahwa entropi dan informasi dapat digunakan secara bergantian dalam aplikasi praktis. Konsep entropi Shannon dapat digunakan untuk memperoleh ukuran informasi timbal balik yang umum digunakan dalam informasi.

#### E. Daftar Pustaka

- Bromiley P. A., Thacker N. A., dan Bouhova-Thacker E. (2004). *Shannon entropy, Renyi entropy and information*, UK.
- Estananto N. (2018). Klasifikasi Sinyal Elektrokardiogram Menggunakan Renyi Entropy. *J. Elektro dan Mesin Terap.*, 4(2), 11–18, doi: 10.35143/elementer.v4i2.2139.
- Hartley R. V. L. (1928). Transmission of Information. *Bell Syst. Tech. J.*, pp. 535–563.
- Kendall M. & Stuart A. (1973). *Kendall's Advanced Theory of Statistics: Volume 2 Inference and Relationship*. Hafner Publishing.
- Mays D. C., Faybishenko B. A., dan Finsterle S. (2002). Information entropy to measure temporal and spatial complexity of unsaturated flow in heterogeneous media. *Water Resour. Res.*, 38(12), 49-1-49–11, doi: 10.1029/2001WR001185.
- Namdari A. & Steven Z. (2019). A review of entropy measures for uncertainty quantification of stochastic processes. *Adv. Mech. Eng.*, 11( 6). doi: 10.1177/1687814019857350.
- Popovic M. (2014). Comparative study of entropy and information change in closed and open thermodynamic systems. *Thermochim. Acta*, 598, 77–81. doi: 10.1016/j.tca.2014.11.002.
- Prasetyo A. (2017). Pola Spasial Penjalaran Perkotaan Bodetabek: Studi Aplikasi Model Shannon's Entropy. *J. Geogr. Gea*, 16(2), 144, doi: 10.17509/gea.v16i2.2439.



Rényi A. (1961). On Measures of Entropy and Information. *Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1961, hal. 547-561.

Shannon C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 27, 379–423.

Shannon C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.*, vol. 27, 623–656